Aschenbild und Pflanzenverwandtschaft

Von

Hans Molisch

w. M. Akad.

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien

Nr. 139 der zweiten Folge

(Mit 3 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Juli 1920)

I. Einleitung.

Die Pflanzen in einem natürlichem System anzuordnen, in dem ihre Verwandtschaft deutlich zum Ausdruck kommt, war stets eines der wichtigsten Ziele der Pflanzensystematik. Vergleichende Beschreibung, Morphologie, Entwicklung, Anatomie, Physiologie, Paläontologie und Phylogenie wurden und werden mit Erfolg herangezogen, um die Pflanzen natürlich zu gruppieren. Auch die Chemie hat der Pflanzensystematik bereits manchen wichtigen Fingerzeig gegeben und nach allem, was wir heute auf diesem Gebiete wissen, kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die Verwandtschaft der Pflanze sich auch in der chemischen Zusammensetzung der Gewächse, namentlich im Vorkommen spezifischer Stoffe, ausdrücken kann. Ich erinnere nur an das Ferment Myrosin, das die Familie der Cruciferen und ihre Verwandten in so hohem Grade auszeichnet, ich erinnere an das Inulin der Compositen, an die Ruberythrinsäure vieler Rubiaceen, an das Alkannin vieler Borragineen, an das Phykoerythrin und Phykocyan der Rot- und Blaualgen und andere Beispiele, bezüglich welcher meine Mikrochemie Aufschluß gibt.[1]

[1] Molisch H., Mikrochemie der Pflanze. Jena 1913, p. 8. In neuester Zeit hat mein Schüler, Herr H. Brunswik, die interessante Entdeckung gemacht, daß alle Gattungen der Tamaricaceen, nämlich *Tamarix*, *Reaumuria*, *Myricaria* und *Hololachne* durch Gipskrystalle ausgezeichnet sind. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, Math.-naturw. Kl., Abt. I, 129. Bd. 1920, p. 115.

Die mikrochemischen Untersuchungen über gewisse Pflanzenstoffe gingen bisher stets Hand in Hand mit anatomischen, denn man wollte, wenn irgend möglich, nicht bloß wissen, was für ein Stoff in einem Blatt, in einem Stamm oder in einer Wurzel vorhanden ist, sondern auch, wo er sich befindet. Ob in der Epidermis, im Grundgewebe, im Stranggewebe oder ob vielleicht gar nur in einzelnen bestimmten Zellen. Mit anderen Worten, man wollte wissen, ob der Körper gleichmäßig in der Pflanze verteilt oder ob er lokalisiert ist.

Gewöhnlich handelte es sich ja um organische Stoffe und da war es selbstverständlich, daß man die möglichst intakten Organe, Gewebe und Zellen untersuchte und man dachte im allgemeinen nicht daran, auch die Asche mikroskopisch zu untersuchen, weil man sich davon nicht viel versprach und sich im allgemeinen mit der mikrochemischen Untersuchung der Asche begnügte.

Der Zweck der vorliegenden Abhandlung ist, nachdrücklichst darauf aufmerksam zu machen, daß, wie ich mich durch Hunderte von mikroskopischen Aschenuntersuchungen überzeugt habe, die Asche sehr häufig unter dem Mikroskop nicht mehr oder minder formlos erscheint, sondern ganz charakteristische Bilder aufweist, sei es, daß die Gewebe und Zellen in ihrer Form und Struktur infolge hochgradiger Inkrustierung der Membranen mit Aschensubstanzen deutlich erhalten bleiben oder sei es, daß sich in der Asche beständig gewisse mikroskopische Inhaltskörper vorfinden, die der Asche ein so charakteristisches Gepräge verleihen, daß man die dadurch zustande kommenden Aschenbilder für die Erkennung der zugehörigen Pflanze oder Familie in zahlreichen Fällen verwerten kann.

Das Aschenbild oder wie es auch genannt werden kann, das Spodogramm,[1] ist für viele Pflanzen oft ebenso charakteristisch wie die Form des Blattes, die Zahl der Blüten-

[1] σποδός Asche.

blätter oder der Bau der Samenknospe und sollte daher bei der Beschreibung von Pflanzen oder deren Teile mitberücksichtigt werden.

Wenn also vorhin gesagt wurde, daß die Verwandtschaft der Arten und Gattungen, ja sogar ganzer Familien sich auch in der Chemie verraten kann, so gilt dies nicht bloß für die Pflanze als solche, sondern häufig sogar für ihre Asche.

Der Anatom hat bisher die Asche meist nur zu Rate gezogen, wenn es sich um die sogenannten »Kieselskelette», d. h. um die Feststellung der Verkieselung der Zellhäute oder den Nachweis von Kieselkörpern gehandelt hat. Aber wie aus den folgenden Zeilen hervorgehen wird, lassen sich die Aschenbilder auch noch für andere Zwecke verwerten.

Die Kalkoxalatkrystalle, Kieselkörper und Zystolithen, die sich in der Pflanze mitunter nur sehr spärlich vorfinden und daher leicht übersehen werden können, werden durch die Verbrennung der Pflanze oder ihrer Teile zu Asche auf ein kleines Volum zusammengedrängt, gehäuft und so leicht gefunden.

Aus dem charakteristischen Aschenbilde kann in gewissen Fällen, z. B. bei Gräsern, Halbgräsern, Irideen u. a. die Zugehörigkeit zu diesen Familien festgestellt oder die Echtheit vegetabilischer Genußmittel, einer Medizinalpflanze oder einer Droge in nicht seltenen Fällen erkannt oder zur sicheren Diagnose mit Vorteil herangezogen werden.

Der Mikroskopie der Asche wird daher in Zukunft mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen als es bisher geschehen ist, weil sowohl der Anatom, der Physiologe, der Systematiker und der Untersucher von Verfälschungen vegetabilischer Nahrungsmittel aus dem Aschenbilde wertvolle Schlüsse ziehen kann.

Bezüglich der Methodik sei folgendes erwähnt. Die zu untersuchenden Pflanzenteile — wenn nichts Besonderes bemerkt wird, handelt es sich um Blätter — werden in einem offenen Porzellantiegel wenn möglich bis zum völligen Weißwerden verascht. Die Verbrennung von Pflanzenteilen bis zum völligen oder fast völligen Weißwerden der Asche macht in

der Regel keine Schwierigkeiten; nur in Fällen, wo Zellwände viel Chloride führen oder wo Haare, Epidermen und Stranggewebe verkieselt sind, kann die Asche in den betreffenden Teilen schwärzlich bleiben oder erst nach längerem oder langem Glühen weiß werden. Nach dem Abkühlen legt man Teile der Asche, ohne sie mehr als notwendig ist zu zerbröckeln, auf den Objektträger, behandelt mit einem Tropfen Anilinöl und bedeckt mit einem Deckglas. Das Anilinöl hat den großen Vorteil, daß es die Asche rasch vollends durchdringt, die Luft verdrängt und das Präparat, ohne es chemisch zu verändern, gut durchsichtig macht. Man sieht die Asche also in ihrer fast unveränderten Form.

Anstatt Anilinöl läßt sich mit demselben Vorteil Phenol verwerten und dieses hat, wie bekannt, noch den besonderen Vorteil, daß es die verkieselten Membranen und Kieselkörper in einem eigentümlichen rötlichen Glanz erscheinen läßt. In Ermanglung von Anilinöl und Phenol läßt sich auch flüssiger Kanadabalsam anwenden.

Will man Verkieselung feststellen, so behandelt man am Objektträger die Asche mit 20prozentiger Salzsäure, wodurch die Karbonate, insbesondere der kohlensaure Kalk, gelöst werden. Die verkieselten Teile bleiben dann zurück.

Sollten Zweifel bestehen, ob wirklich Kieselsäure vorliegt, so kann die Asche noch mit »Chromschwefelsäure« behandelt werden, in der alle organische Substanz zerstört und, abgesehen von Kieselsäure und eventuell der Tonerde, die ganze mineralische Substanz sich löst.

Es gibt Aschen, die vorwiegend aus Karbonaten bestehen und die unter raschem Aufbrausen im Salzsäuretropfen fast augenblicklich verschwinden (Karbonataschen). Dann solche, die nur wenig oder fast gar nicht brausen und oft in zusammenhängenden Stücken übrig bleiben (Kieselaschen) und endlich solche, die sowohl reichlich Karbonate als Kieselsäure enthalten (Karbonat- und Kieselsäureaschen).

Alle Aschen lassen sich d a u e r n d in unveränderter Form in Kanadabalsam aufbewahren. Dieser muß durch Xylolzusatz leicht flüssig gemacht werden; in dieser Form kann er auf die trockene Asche direkt aufgetropft und mit einem Deckglas

bedeckt werden. Ein besonderer Verschluß ist nicht notwendig, es ist höchstens darauf zu achten, daß das verdampfende Xylol durch eine entsprechende Menge von Kanadabalsam ersetzt wird.

Für die Herstellung der Aschenpräparate können frische und trockene, seit Jahrzehnten im Herbar gelegene Blätter verwendet werden und namentlich bei trockenen Blättern, die infolge von inzwischen eingetretener Mißfärbung die krystallisierten Inhaltskörper, zumal wenn sie nur spärlich vertreten sind, nur schwer und erst nach mühsamer Untersuchung erkennen lassen, wird man z. B. über die Verteilung des Kalkoxalats in dem betreffenden Pflanzenteil durch die Asche oft rascher und besser orientiert werden als durch Schnitte.

II. Aschenbild und Pflanzenverwandtschaft.

Jede Zelle enthält Aschensubstanz sowohl im Inhalt als auch in der Wand. Ist die Menge gering wie in den meisten Hölzern, so hört mit der Veraschung der Zusammenhang der Zellen mehr oder minder auf oder die mineralische Substanz sintert so stark zusammen, daß die Asche die zelluläre Struktur gar nicht oder nur sehr undeutlich wiedergibt. Anders jedoch, wenn die Zellhäute mit Kalk oder mit Kieselsäure hochgradig inkrustiert sind. Dann erhält man Aschenbilder, die oft so täuschend die ganze Gewebestruktur und die Form der Zellen, nicht selten bis in die feinsten Einzelheiten widerspiegeln, daß ein Uneingeweihter geneigt wäre, die Asche für das wirkliche Gewebe zu halten.

Solche Aschen kennt man von Diatomeen, Equiseten und Gramineen seit langem und hat sie, weil die Zellenwände hier hauptsächlich aus Kieselsäure bestehen und ausgezeichnet erhalten sind, als »Kieselskelette« bezeichnet. In demselben Sinne kann man aber auch von »Kalkskeletten« sprechen, denn bei vielen Pflanzen erhält man beim Glühen Aschen, die die zelluläre Struktur gleichfalls wiedergeben, deren Wandskelette aber vornehmlich aus Karbonaten, insbesondere aus Kalkkarbonat bestehen. Solche Kiesel- und Kalkskelette verraten sich schon makroskopisch

dadurch, daß das betreffende Objekt, z. B. ein Blatt, nicht zusammensintert, sondern formell gut erhalten bleibt und, wenn es verkieselt ist, auch nach der Behandlung mit Salzsäure wenigstens in großen Stücken seinen Zusammenhang bewahrt.

Es soll nun an einigen lehrreichen Beispielen gezeigt werden, wie sich die Verwandtschaft der Angehörigen einer ganzen Familie oder Gattung an gewissen Eigentümlichkeiten der Asche kundgeben kann.

Zystolithen-Aschenbild.

1. *Acanthaceae*. Die als Zystolithen bezeichneten, höchst auffallend gestalteten und mit Kalkkarbonat stark inkrustierten exzentrischen Wandverdickungen bleiben in der Asche formell der Hauptmasse nach als Kalkkarbonat erhalten und verleihen der Asche ein charakteristisches Aussehen. In dem intakten Blatt mehr oder minder versteckt und verhältnismäßig auseinandergerückt, rücken sie in der Asche dicht zusammen und treten, weil für das Licht infolge ihrer Dicke schwerer durchlässig und manchmal noch eine Spur Kohle enthaltend, in der sonst weißen Asche um so schärfer hervor. Fig. 1. Darauf hat auch Naumann E. mit Recht aufmerksam gemacht. Mikrotekniska Notiser. I.—III. Bot. Notiser 1915, p. 49—60.

Ihre Form ist verschieden: meist spießförmig, entweder nur an einem oder an beiden Enden spitz, seltener rundlich, länglich oder an beiden Enden stumpf.

Die Zystolithen gehören zwar nicht allen Acanthaceen an, denn sie fehlen ganz den Thunbergieen, Nelsonieen, Acantheen und Aphelandreen, bei allen übrigen aber sind sie vorhanden. Genaueres über den Bau und das Vorkommen der Zystolithen findet man bei Kohl.[1]

Alle zystolithenführenden Acanthaceen gaben bei der Veraschung der Blätter und Stengel ein für zahlreiche Gattungen und Arten dieser Familie eigenartiges Aschenbild, eigenartig, weil die Zystolithen hier die Zusammengehörigkeit und Verwandtschaft selbst noch im Aussehen der Asche bekunden.

---

[1] Kohl F., Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg, 1889, p. 134.

Strobilanthes isophyllus. Beim Veraschen bleibt die Form des Blattes gut erhalten. Die Asche ist sehr reichlich und besteht der Hauptmenge nach aus einer Unmasse gestaltlich wohlerhaltener, spießförmiger Zystolithen. Sie liegen in der Asche so dicht über- und nebeneinander, daß dadurch ein überaus charakteristisches Aschenbild zustande kommt. Fig. 1.

Über den Gefäßbündeln liegen sie parallel zur Längsachse dieser, sonst im großen und ganzen quer oder schief zur Längsachse des Blattes. In Salzsäure lösen sie sich zum großen Teile oder ganz unter lebhaftem Aufbrausen auf. Kalkoxalatkrystalle habe ich bei dieser Art in der Blattasche vermißt, desgleichen bei *Strobilanthes glomeratus.*

2. Die *Urticales* umfassen die *Moraceae, Cannabaceae, Ulmaceae* und *Urticaceae.* Von Moraceen habe ich die Gattungen *Ficus, Morus, Broussonetia, Maclura* und *Dorstenia*[1] untersucht und überall in der Asche die Zystolithen so massenhaft gefunden, daß das Aschenbild für diese Familie ihr besonderes Gepräge besitzt.

Ficus elastica. Das Aschenbild macht den Eindruck eines gut erhaltenen Gewebes. Die Oberhaut, das Mesophyll und die Nervatur sind deutlich zu sehen und die Zystolithen erscheinen zumeist als dunkle oder schwarze Klumpen. Die Gefäßbündel sind mit Kalkoxalatkrystallen übersät. Die ellipsoidischen Öffnungen in der Asche entsprechen den Vorhöfen der Spaltöffnungen.

Die Oberhaut bleibt, weil stark verkieselt, auch nach Behandlung mit Salzsäure deutlich in ihrer Struktur erhalten.

Ficus stipulata. Das Aschenbild dieser Art ähnelt dem von *Ficus elastica* insofern, als auch hier die Zystolithen, die Kalkoxalatkrystalle des Mesophylls und die mit den Krystallen reichlich bedeckte Nervatur auffallen. Hingegen ist die Verkieselung minimal und daher verschwindet die als

[1] Nach Kohl l. c. p. sollen der Gattung *Dorstenia* Zystolithen fehlen. Das ist aber sicher nicht allgemein richtig, denn die von mir kultivierte *Dorstenia* hatte überaus reichliche Zystolithen. Gerade in zweifelhaften Fällen, wo Zystolithen oder Krystalle nur sehr sporadisch vorkommen, leistet die mikroskopische Aschenuntersuchung ausgezeichnete Dienste, weil sich die erwähnten Leitfragmente hier so rasch und leicht zu erkennen geben.

zartes Kalkskelett vorhandene Asche bei Behandlung mit Salzsäure fast vollends.

Andere *Ficus*-Arten verhalten sich ähnlich, sind sie behaart, so erscheinen auch die Haare in der Asche gewöhnlich als Kalk- oder Kieselskelette erhalten.

Die Aschenbilder der Urticaceen sind gleichfalls durch die massenhaft auftretenden Zystolithen sehr auffallend. Man betrachte z. B. die Asche von *Boehmeria utilis*, Fig. 2. Sie erscheint mit runden, an der Oberfläche etwas sternartig ausgezackten Zystolithen *c* wie gepflastert. Diese liegen in einem Kalkskelett zarter Zellen. Darüber verstreut finden sich zahlreiche einzellige, gemshornartige Haare *h* und mehr oder minder lange, gerade oder etwas gebogene Kegelhaare h_1 und h_2. Die Nerven werden von kleinen Kalkoxalatdrusen in großer Zahl bedeckt. Die Zystolithen und Haare sind stark verkalkt und außerdem doch noch so stark verkieselt, daß sie nach Behandlung mit Salzsäure in ihrer Form entweder tadellos oder noch recht gut erhalten bleiben.

Humulus lupulus, *Urtica dioica*, *U. urens*, *Boehmeria*-Arten, *Parietaria officinalis* und *Cannabis sativa* zeichnen sich ebenfalls durch eine höchst charakteristische Zystolithenasche aus. In Solereders[1] »Systematischer Anatomie« wird auf den systematischen Wert der Zystolithen bei den verschiedenen Familien ausführlich hingewiesen, hier sei nur darauf aufmerksam gemacht, daß, wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, selbst die Asche die Verwandtschaft der Glieder der einzelnen Familien durch die Zystolithen zu erkennen gibt und zwar viel bequemer und rascher als es oft Schnitte vermögen.

Kalkoxalat-Aschenbild.[2]

a) Raphiden.

Die entweder einzeln oder in von Schleim umhüllten Bündeln auftretenden nadelförmigen Krystalle oder Raphiden sind bekanntlich für mehrere Familien geradezu von systema-

1 Solereder H., Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart 1899, p. 860 ff.

2 In der Asche liegt das im Gewebe ursprünglich vorhandene Kalkoxalat nicht mehr als Oxalat, sondern als Karbonat oder bei sehr langem

tischem Wert. Es sei nur an die Araceen, Palmen, Commelinaceen, Liliaceen, Amaryllideen, Orchideen, Bromeliaceen, Onagraceen, Rubiaceen, Ampelideen u. a. erinnert. Infolge der zahlreichen Raphidenbündel im Gewebe erhält natürlich die Asche ein höchst auffallendes Aussehen, weil hunderte solche Bündel in der Asche auf engen Raum zusammengedrängt erscheinen. Fig. 3. Dazu einige Beispiele:

Onagraceae. Das Auftreten von Raphidenbündeln ist für diese Familie charakteristisch. Sie werden für die Gattungen *Epilobium*, *Zauschneria*, *Jussiaea*, *Ludwigia*, *Gayophytum*, *Clarkia*, *Oenothera*, *Fuchsia*, *Hauya*, *Lopezia*, *Gaura*, *Gongylocarpus* und *Circaea* von Parmentier[1] angegeben. Als Ausnahme wird *Trapa* angeführt, die keine Raphidenbündel, wohl aber viele Kalkoxalatdrusen enthält. Wenn eine Familie in allen ihren Vertretern Raphidenbündel besitzt und eine einzige Gattung nicht, so mahnt dies, die systematische Stellung dieser Gattung eingehender zu prüfen. In der Tat zeigt die bisherige Literatur, daß man über die Zugehörigkeit der Gattung *Trapa* durchaus nicht im Klaren ist. v. Wettstein[2] hebt hervor, daß die erwähnte Gattung in mehrfacher Hinsicht von den *Oenotheraceen* abweicht, stellt sie aber noch zu diesen. Hingegen stellt sie Raimann[3] zu einer eigenen Familie der *Hydrocaryaceae*. Hier haben wir ein interessantes Beispiel, daß auch das Aschenbild einer Pflanze einen Fingerzeig für die systematische Einordnung einer Gattung geben kann.

Fuchsia globosa. Asche massenhaft von Raphidenbündeln durchsetzt. Die einzelnen Raphiden sehr zart. In unmittelbarer Umgebung der Blattnerven sind die Krystallbündel schlanker und annähernd parallel zum Nerv gerichtet. Einzelne Kalkoxalatkrystalle sind selten.

Glühen als Kalziumoxyd vor; wenn daher im folgenden trotzdem von Kalkoxalatkrystallen der Asche die Rede ist, so sind dann der Kürze halber nicht sie selbst, sondern die durch das Glühen daraus entstandenen Umwandlungen gemeint.

[1] Solereder H., System. Anatomie l. c. p. 422.

[2] Wettstein v., Handbuch d. system. Botanik. 2. Aufl. 1911, p. 680.

[3] Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien etc., IV. Abt. III. 7., p. 223.

Circaea lutetiana, massenhaft Raphidenbündel in der Asche
Isnardia palustris » » » » »
Epilobium angustifolium » » » » »
» *Dodonaei* » » » » »
» *montanum* » » » » »

Ampelidaceae. Auch diese Familie enthält, soweit geprüft, durchwegs Raphidenbündel. Untersucht habe ich:

Vitis Voiniana. Asche enthält massenhaft Raphidenbündel und Kalkoxalatdrusen. Die letzteren hauptsächlich längs der Nerven.

Vitis Veitschii. Ebenso.

Vitis labrusca. Ebenso, aber die Drusen spärlicher.

Cissus discolor. Reichlich Raphidenbündel, Einzelkrystalle und Drusen. Überdies mit Kieselsäure erfüllte polygonale Zellen.

Ampelopsis quinquefolia. Die Fig. 3 zeigt die Blattasche dieser Ampelidee mit zahlreichen Raphidenbündeln *r* und Drusen von Kalkoxalat *k*. Die übrigen Bestandteile der Asche, die zu wenig prägnant sind und nur wenig mineralisierte Membranen von Zellen darstellen, wurden fortgelassen.

Rubiaceae. Solereder[1] weist mit Recht darauf hin, daß die Ausscheidungsweise des oxalsauren Kalkes für die Rubiaceen-Gattungen und Unterabteilungen (Triben) von großem systematischen Werte ist. Er kommt in Form von großen und kleinen rhomboëdrischen Krystallen, Raphiden, Krystallsand, Drusen, Nädelchen vor und das Vorkommen gerade dieser oder jener Krystallform ist den einzelnen Triben eigentümlich. Gerade hier kann die Aschenuntersuchung über das Vorkommen und die Verteilung der Krystalle rasch und bequem Aufschluß geben und ein Übersehen, das im Gewebe leicht möglich ist, verhindern.

b) Krystallsand.

Bei zahlreichen Gattungen kommen bekanntlich Zellen vor, die nicht, wie das so häufig bei Phanerogamen der Fall ist, wohl ausgebildete Einzelkrystalle oder Drusen von

[1] Solereder H., l. c., p. 501 ff.

Kalkoxalat enthalten, sondern eine Unzahl von ungemein kleinen, das Zellumen fast ganz erfüllenden Kryställchen, den sogenannten Krystallsand. Bei den Solanaceen, Chenopodiaceen und Rubiaceen ist dies eine häufige Erscheinung. Bei Solereder[1] finden sich nähere Angaben über den systematischen Wert dieser Krystallsandzellen. Über die Zahl, Größe, Form und die Verteilung gibt die Asche rasch Aufschluß.

Die Tabaksasche von *Nicotiana rustica* und anderen Tabakarten besteht großenteils aus Krystallsand. Die veraschten Zellen liegen so dicht neben- und übereinander, daß die Asche das Licht selbst in Kanadabalsam nur sehr geschwächt durchläßt. Die überaus kleinen Kryställchen ähneln Kokken.

Bei *Scopolina atropoides* sind die Krystallsandzellen verhältnismäßig sehr groß und treten in der Asche deutlich hervor.

Atropa belladonna, Solanum lycopersicum, S. tuberosum, S. dulcamara und *Lycium barbarum* zeigen typische Krystallsandasche.

Andere Solaneen führen Einzelkrystalle oder Drusen oder beide. So zeigt die Asche von *Hyoscyamus niger* massenhaft Einzelkrystalle[2], die von *Datura stramonium* Drusen und die von *Physalis alkekengi* sowohl Einzelkrystalle als auch Drusen[2].

Da der Krystallsand im Bereiche der Phanerogamen eine nicht allgemein verbreitete, für viele Gattungen aber eine konstante Erscheinung ist, so kann die Asche zur Sicherstellung der Erkennung *(Sambucus, Aucuba)* und der systematischen Stellung, wenn darüber Zweifel obwalten, von Nutzen sein *(Garrya)*.

c) Einzelkrystalle und Drusen

kommen so häufig vor, daß ihr Nachweis im Aschenbild nicht die Bedeutung hat wie der der Raphiden, des Krystallsands oder der Zystolithen. Immerhin kann das Spodogramm,

[1] Solereder H., l. c., p. 654.

[2] Bei *Hyoscyamus niger, Lycium barbarum* und *Physalis alkekengi* fand ich überdies zahlreiche Sphärite, nicht selten radiär gestreift und mit-

weil in der Form, Menge und Verteilung der Krystalle bei den verschiedenen Familien und Gattungen eine große Mannigfaltigkeit herrscht, von einigen, ja mitunter, wie noch später (p. 287 ff.) auseinandergesetzt werden soll, von großer Wichtigkeit sein.

Hier sei nur auf einige ganz besonders hervorstechende Fälle hingewiesen.

Irideaceae. Die Asche des Blattes von *Iris germanica* besteht zum großen Teile aus großen spießförmigen Kalkoxalatkrystallen. Sie sind seit langem bekannt und werden ja auch in Gewebeschnitten gesehen, aber erst die Asche gibt eine gute Übersicht und eine Vorstellung von der ungeheuren Zahl dieser Krystalle. Fig. 4.

Sie liegen mit ihrer Längsachse stets parallel zur Längsachse des Blattes und bilden ganze Reihen, die der Asche ein eigenartiges Gepräge geben.

Alle *Iris*-Arten und alle Iridaceen überhaupt, die ich untersuchte, zeigen diese Eigentümlichkeit: *Iris palustris*, *I. pumila*, *I. pseudacorus*, *I. sibirica*, *I. graminea*, *I. tuberosa* und *I. variegata*. Bei der letzten Art sieht man in der Asche auch massenhaft kleine Sphärite von Kalkoxalat (?). Ferner *Gladiolus communis*, *G. illyricus*, *G. imbricatus*, *G. segetum*, *Romulea columnae*, *R. bulbocodium*, *Crocus biflorus*, *C. vernus*, *C. banaticus* und *C. sativus*. Bei *Romulea bulbocodium* finden sich, abgesehen von den großen spießförmigen Krystallen, auch rhombenartige, recht große Einzelkrystalle gleichfalls von Kalkoxalat vor.

Es hat daher den Anschein, als ob nach diesen Ergebnissen die Kalkoxalat-Spieße einen Familiencharakter für Iridaceen abgeben, doch kann erst nach ausgedehnteren, auf die zahlreichen Gattungen der Iridaceen sich erstreckenden Untersuchungen ein endgültiges Urteil abgegeben werden.

Ähnliches gilt von der Asche der Quillaja-Rinde. Auch diese besteht großenteils aus großen, zugespitzten prismatischen Kalkoxalatkrystallen von ziemlich bedeutender Größe.

unter geschichtet, die in der Familie der Solaneen recht häufig sind und bisher meines Wissens übersehen wurden. Ihre chemische Zusammensetzung bedarf noch der näheren Untersuchung.

Überaus reich an Krystalldrusen ist die Asche von verschiedenen Kakteen. *Opuntia*-Arten hinterlassen eine sehr voluminöse Karbonatasche, in der Drusen einen dominierenden Bestandteil ausmachen.

Die Fig. 5 zeigt die Asche des die Oberfläche bildenden Gewebes des Flachsprosses von *Opuntia missouriensis.* Die in der Asche vorhandenen Löcher *s* geben die ursprüngliche Lage der Spaltöffnungen an. Die Schließ- und Nebenzellen sind so wenig mineralisiert, daß sie in der Asche nicht oder nur sehr schwer aufzufinden sind. Es ist mir wahrscheinlich, daß die Spaltöffnungen deshalb in den Wänden so wenig mineralische Substanzen einlagern, um auch noch in höherem Alter beweglich zu bleiben und die Öffnung und den Verschluß der Spalten leichter zu ermöglichen.

Unmittelbar unter der Epidermis liegt eine schmale Parenchymschichte, deren Zellen große Drusen von Kalkoxalat *k* enthalten. In der Asche liegt Druse an Druse.

Man sieht hier so deutlich, wie sich in derartigen Pflanzen, die, vielleicht abgesehen von gewissen Wurzelausscheidungen, keine Möglichkeit haben, sich der aufgenommenen Mineralstoffe zu entledigen, diese in geradezu erstaunlichen Massen in ihrem Körper anhäufen.

Aber auch negative Befunde können von Wert sein. Man kennt bereits mehrere Pflanzenfamilien unter den Dikotylen, die der festen Oxalatsalze entbehren: Cruciferen, Fumariaceen, Valerianeen, Campanulaceen, Primulaceen und Plantagineen. In der Asche läßt sich dieser Mangel leicht feststellen und da das Fehlen von Kalkoxalat im Pflanzenreich verhältnismäßig selten zutrifft, so gewinnt dieses negative Merkmal um so mehr an Wert.

Kieselsäure-Aschenbild.

Die Kieselskelette, die viele Pflanzen nach dem Glühen hinterlassen, haben die Aufmerksamkeit der Botaniker seit langem hervorgerufen, besonders seit v. Mohl uns seine ausgezeichnete Abhandlung über das Kieselskelett lebender Pflanzenzellen beschert hat.[1]

[1] Mohl H. v., Botan. Ztg., 1861, p. 209.

Diese Kieselskelette gehören zu den herrlichsten Aschenbildern, die wir besitzen, und sind geeignet, das in der vorliegenden Arbeit gesteckte Ziel in mehrfacher Beziehung zu stützen.

Lycopodiaceae und *Filices*.

Im Bereiche der ersteren Familie verdient die Gattung *Selaginella* wegen ihrer schönen Kieselskelette besondere Erwähnung. Auffallenderweise wird sie in Kohl's zitiertem Buche bei der Orientierung über das Auftreten der Verkieselung im Pflanzenreiche nicht erwähnt.

Selaginella Martensii. Ich will die Verhältnisse zunächst schildern, wie ich sie bei dieser Art fand.

a) Blatt. Das im Phenol liegende Blatt läßt den anatomischen Bau und auch die Verkieselung deutlich erkennen. Die obere Epidermis besteht aus abgerundeten polygonalen Zellen mit welligem Umriß. Die Zellen der unteren Epidermis sind gestreckt und gleichfalls wellig konturiert. Die in die Zellen vorspringenden Wandfalten lassen an dem rötlichen Glanz die besonders starke lokale Verkieselung an ihrer Spitze erkennen. Selbst in der Asche treten diese verkieselten Stellen als Knötchen, Strichelchen oder Pünktchen in Erscheinung. Der in kurze einzellige, kegelige Haare, deren scharfe Spitze infolge ungemein starker Verkieselung sehr spröde und leicht abbrechbar ist, auslaufende Blattrand erscheint durch dickwandige, in zwei bis sechs Reihen nebeneinander liegende Sklerenchymfasern ausgesteift. Sie sind es, die in ihren Wänden so stark verkieseln, daß sie in der Asche mit ihrem aus vorspringenden Höckern bestehenden Relief bis in die feinsten Einzelheiten erhalten bleiben. Auch der übrige Teil der Epidermis erfährt eine so starke Verkieselung, daß ihre Zellwände samt den Spaltöffnungen als Skelett vollständig erhalten bleiben. Der Mittelnerv unterliegt gegen sein Ende zu gleichfalls starker Verkieselung. So kommt es, daß ältere veraschte Blätter infolge der Mineralisierung nach Behandlung mit Salzsäure oft als Ganzes erhalten bleiben.

b) Der Stamm wird von einer Epidermis begrenzt, die sich aus prosenchymatisch gestalteten und sklerenchymatisch

gebauten Zellen zusammensetzt, deren Inhalt in alten, stark beleuchteten Pflanzen rote Carotinkügelchen und ebenso gefärbte Chromatophoren führt.[1] Daran schließt sich ein ähnlich gebautes ein- bis mehrschichtiges Hypoderma.

Diese Stengelepidermis bleibt nach Veraschung und Behandlung mit Salzsäure als wohlerhaltenes Kieselskelett zurück. Die Verkieselung kann auch die Wände faserförmiger Zellen des Stamminnern ergreifen, ja viele davon können sogar solid verkieseln.

Ähnlich wie bei *Selaginella Martensii* fand ich die Verhältnisse bei *Selaginella cuspidata.* Auch hier erscheint der Blattrand durch die erwähnten verkieselten Sklerenchymfasern gefestigt, bei *S. caesia* treten sie schon sehr zurück und bei *S. spinulosa* und *helvetica* werden sie ganz vermißt. Doch verkieseln die Epidermen und die Blattrandzellen samt den Haaren bei allen genannten Arten so stark, daß sie stets ein charakteristisches Aschenbild aufweisen.

Bei dem Farnkraut *Athyrium filix femina* und *Polypodium alpestre* erscheint auch die Epidermis des Blattrandes, und zwar die auffallend dicke Außenwand in hohem Grade verkieselt. Diese bleibt in einseitig gezackten, mehr oder minder langen Streifen in der Asche zurück. Die wellig konturierte Epidermiszelle der Blattspreite geben herrliche Kieselskelette nicht bloß bei den genannten Farnen, sondern auch bei *Pteris aquilina* (Fig. 6), *Blechnum spicant, Gleichenia polypodioides* und *Osmunda regalis.* Spaltöffnungen können bei den genannten Farnen so stark verkieseln, daß ihr Lumen mit Kieselsäure teilweise oder ganz erfüllt ist.

So starke Verkieselung ist aber bei Farnen durchaus nicht allgemein verbreitet, denn es gibt zahlreiche Arten, deren Asche bei Behandlung mit Salzsäure unter raschem Aufbrausen fast ganz verschwindet (*Asplenium viride, Scolopendrium vulgare, Ceterach officinarum* etc.).

[1] Molisch H., Über vorübergehende Rotfärbung der Chlorophyllkörner in Laubblättern. Ber. d. Deutsch. bot. Ges., 1902, p. 445.

Equisetaceae.

Die Schachtelhalme sind seit langem als Kieselpflanzen ersten Ranges bekannt und ihr Kieselskelett gehört zu den beliebtesten Demonstrationsobjekten im pflanzenanatomischen Praktikum.

Hier sei betont, daß alle von mir untersuchten Arten: *Equisetum arvense, E. pratense, E. telmateja, E. silvaticum, E. limosum, E. litorale* und *E. hiemale* ein so typisches Aschenbild liefern, daß die *Equisetum*-Natur an einem nicht zu kleinen Aschenfragment der Stengel- und Blattoberhaut leicht erkannt werden kann. Fig. 7.

Allen *Equisetum*-Arten gemeinsam sind die eigenartigen, nach einem bestimmten Typus gebauten, in Reihen angeordneten Spaltöffnungen *s*, der mehr oder minder ausgeprägte wellige Umriß der Oberhautzellen *e* und *e'*, die durch kutikulare Höckerchen *h* zustande kommende Punktierung der Außenmembranen der Epidermiszellen, die je nach den verschiedenen Arten besonders auch bei den Spaltöffnungszellen Verschiedenheiten darbieten können. Fig. 7.

Schon der Monograph dieser Gattung, Milde[1], hat den Spaltöffnungsapparaten der Schachtelhalme große Aufmerksamkeit geschenkt und ihren Bau für die Diagnosen der einzelnen Arten verwertet.

Die veraschten fertilen Sprosse von *Equisetum arvense* und *E. telmateja* brausen mit Salzsäure stark auf, während die sterilen dies in viel geringerem Grade tun. Die fertilen sind auch weniger verkieselt, geben aber trotzdem schöne Kieselsketette.

Gramineae.

Die Asche braust mit Salzsäure entweder nur ganz wenig, mäßig oder stark auf. In der Regel bleibt die Asche nach Behandlung mit Salzsäure in größeren zusammenhängenden Stücken erhalten und namentlich ist es die Ober-

[1] Milde J., Monographia Equisetorum, Nova acta Leop. Carol. 1866. Vgl. auch Porsch O., Der Spaltöffnungsapparat im Lichte der Phylogenie. Jena 1905, p. 42, hier auch die einschlägige Literatur.

haut, die ein ungemein genaues Bild ihres Baues in der Asche zu erkennen gibt.

Besonders auf Grund der ausgedehnten anatomischen Untersuchungen Grobs[1] kennen wir den Bau der Blätter recht genau und wissen, daß gewisse Elementarorgane der Epidermis bei den verschiedenen Arten der Grasblätter sich immer wieder einstellen und mit Sicherheit auf die Familie der Gramineen hinweisen. Zu diesen Elementarorganen gehören in erster Linie: die Langzellen mit welliger Kontur, die Kieselkurzzellen, die Trichome, und unter diesen wieder besonders die zweizelligen Winkelhaare und die einzelligen Stachelhaare. Dazu gesellen sich noch die ungemein charakteristischen vierzelligen Spaltöffnungen, die allerdings auch für einen Teil der Cyperaceen typisch sind. Abgesehen von der tadellosen Erhaltung der Wand zeigt die Asche nach Wegschaffung der Karbonate durch Mineralsäuren auch zahlreiche, mannigfaltig gestaltete und eben deshalb für die einzelnen Arten und Gattungen eigenartige Kieselkörper, d. h. Ausfüllungen der Zellen mit Kieselsäure.

Merkwürdigerweise hat Kohl[2] die weite Verbreitung dieser soliden Ausgüsse der Zellen mit Kieselsäure, obwohl er sich mit dem Auftreten der Kieselsäure in der Pflanze monographisch beschäftigt hat, bei den Gramineen übersehen. Hätte er sich die Aschen bei einigen beliebig ausgewählten Grasblättern angesehen, so hätten ihm die ungemein zahlreichen, bei manchen Gräsern auch auffallend großen Kieselkörper nicht entgehen können.[3]

Die Fig. 8 macht uns mit der Blattasche einer Bambusa-Art nach Behandlung mit Salzsäure bekannt. Man glaubt ein intaktes Gewebe zu sehen. Alle Zellwände sind, weil hochgradig verkieselt, anscheinend tadellos und unverändert erhalten. Man sieht die reihenweise Anordnung der Spaltöffnungen *s* und ihren eigenartigen, aus zwei schmalen

[1] Grob A., Beiträge zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter. Stuttgart 1896. Bibliotheca Botanica, 36. Heft.

[2] Kohl F. G., l. c.

[3] Molisch H., Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. Nr. 12. Ber. d. Deutsch. botan. Ges., Bd. 36. Jhrg. 1918, p. 474.

Schließzellen und zwei Nebenzellen bestehenden Typus, ferner die für Gräser so charakteristischen, wellig konturierten Oberhautzellen *e*, von denen manche *se* mit Kieselsäure vollends erfüllt sind, und endlich die seitlich ein wenig ausgebuchteten Kieselkurzzellen *k*.

Die Gestalt der Kieselkurzzellen wechselt, wie dies Grob im einzelnen ausführlich geschildert hat, bei den verschiedenen Gräsern sehr stark und ist für die einzelnen Tribus verwertbar. Grob bezeichnet sie nach ihrer Gestalt als Kreuz-, Hantel-, Knoten-, Sattel-, Kreis-, Ellipsen-, Stäbchen-, Blättchenzellen usw.

Sie treten hauptsächlich über dem Bast, aber auch über dem Assimilationsgewebe auf und zwar in Reihen. Weil sie solid verkieselt sind, fallen sie in der Asche besonders auf und werden dadurch geradezu zum besonderen Leitfragment in der Asche des Grasblattes. Jeder, der sich mit diesen mannigfaltig, aber doch so eigenartig gestalteten Kieselkurzzellen, den wellig umrandeten Oberhautzellen und den typisch gebauten Stomata vertraut gemacht hat, wird auch in der Morphologie der Asche das Grasblatt erkennen.

Cyperaceae.

Diese Familie steht den Gramineen nahe. Dies äußert sich unter anderem in dem Grashabitus, durch gewisse Merkmale der Blüte und ihrer Anatomie.

Auch hier erscheint die eigenartige Epidermiszelle mit dem welligen Umriß und die reihenweise Anordnung der Spaltöffnungen, deren Typus dem der Glumifloren oder Gramineen ähnelt oder gleicht.

Die Epidermis der Cyperaceen unterscheidet sich aber von der der Gramineen durch den Mangel der so eigenartig und recht verschieden gestalteten Kieselkurzzellen und durch das, so weit untersucht, nie fehlende Vorkommen der an Stelle der Kieselkurzzellen auftretenden Kegelzellen. Es sind dies höchst charakteristische Epidermiszellen, die dadurch ausgezeichnet sind, daß ihre Innenwand gewöhnlich einen (seltener zwei) in das Lumen vorspringenden, hochgradig verkieselten, kegelförmigen Vorsprung trägt.

In Wasserpräparaten können die Kieselkörper der Kegelzellen leicht übersehen werden, in Phenol werden sie durch ihre Lichtbrechung schon deutlicher, ungemein scharf treten sie jedoch in der Asche hervor. Bei verhältnismäßig nicht zu langem Glühen werden sie geschwärzt, fallen durch ihre oft kohlenschwarze Farbe auf und bilden auf den subepidermalen Bastbündeln aufliegende ein bis drei nebeneinander liegende Längsreihen schwarzer Punkte, die an die Deckplättchen der Orchideen und Palmen lebhaft erinnern. Fig. 9. Bei längerem Glühen werden sie farblos. Als ich sie zum ersten Male sah, hielt ich sie zunächst für Deckplättchen, allein eine genauere anatomische Untersuchung lehrte alsbald, daß es sich hier um etwas ganz anderes, nämlich um kegelförmige verkieselte Membranvorsprünge in Epidermiszellen handelt.

Diese Kegelzellen bleiben, weil verkieselt, nach Behandlung mit Salzsäure in der Asche einzeln oder in mehr minder langen Strängen oder Ketten übrig und erscheinen, wenn die ursprüngliche Lagerung etwas gestört wurde, bald in der Aufsicht, bald in der Seitenansicht. Fig. 9.

Analoge Bildungen der Kegelzellen sind die Kieselkurzzellen der Gräser und die Stegmata gewisser monokotyler Familien.

Die Kegelzellen wurden schon von Duval-Jouve[1], Mazel[2], Westermaier[3], Zimmermann[4] und Grob[5] gesehen und beschrieben. Duval Jouve hat 57 den verschiedensten Cyperaceen-Gattungen angehörende Arten geprüft und überall die Kegelzellen gefunden. Duval Jouve gibt an, daß sie eine bis zwei Längsreihen bilden, aber Grob bemerkt ganz

[1] Duval Jouve, Mém. de l'acad. de Montpellier. T. VIII. 1872.

[2] Mazel A., Études d'anatomie comp. s. l. organ. de végét. dans les genre Carex. Genève. 1891, p. 21. Zitiert nach Zimmermann.

[3] Westermaier M.. Über Bau und Funktion des pflanzlichen Hautgewebesystems. Pringsheims' Jahrb. f. wiss. Bot., 14. Bd. (1884), p. 65.

[4] Zimmermann A., Beiträge z. Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. I. Bd. 1893, p. 310.

[5] Grob A., l. c., p. 68.

richtig, daß es auch mehr sein können und daß diese Reihen ebenso wie die Kegelzellen einer Reihe einander unmittelbar anliegen. Die Aschenpräparate geben über den richtigen Sachverhalt besonders leicht Aufschluß.

Die Kugelzellen sind nach meinen Erfahrungen das wichtigste Leitelement in der Blattasche der Cyperaceen, denn ich habe sie unter den von mir untersuchten folgenden Scheingräsern nirgends vermißt: *Cyperus flavescens, C. fuscus, C. pannonicus, C. longus, C. alternifolius, Eriophorum vaginatum, E. latifolium, E. alpinum, Scirpus setaceus, Sc. silvaticus, Sc. maritimus, Sc. holoschoenus, Sc. triqueter, Sc. lacustris, Sc. palustris, Heleocharis ovata, Cladium mariscus, Schoenus ferrugineus, Rhynchospora alba, Carex sempervirens, C. hordeiformis, C. flava, C. silvatica, C. vesicaria, C. riparia, C. acuta, C. humilis, C. digitata, C. pilosa, C. maxima, C. vulpina, C. brizoides, C. Davalliana, C. cyperoides* und *C. canescens.*

Kohl[1] erwähnt diese hochgradig verkieselten Kegelzellen, obwohl sie einen dominierenden und auffallenden Bestandteil der Epidermisasche bilden, auffallenderweise nicht. Hätte er die Asche genauer untersucht, hätten sie ihm wohl nicht entgehen können.

Welch brauchbares Kennzeichen die Kegelzellen für die systematische Verwandtschaft abgeben können, lehrt auch die bisher unsichere Stellung der Gattungen *Chrysithrix* L., *Lepironia* L. C. Rich. und *Chorizandra* R. Br. Man stellte sie bisher zu den Cyperaceen, sie gehören aber nach Pfeiffers[2] neuesten Untersuchungen, in denen auch die Anatomie berücksichtigt wurde, entgegen früheren Annahmen zu den Restionaceen. Morphologische und anatomische Merkmale und nicht zuletzt der Mangel an Kegelzellen sprechen für ihre Abtrennung von den Cyperaceen und ihre Zuweisung zu den Restionaceen.

Ein anderer Fall, der zeigt, welche Bedeutung den Kegelzellen für die Systematik in zweifelhaften Fällen ein-

[1] Kohl G. F., l. c.

[2] Pfeiffer H., Zur Systematik der Gattung *Chrysithrix* L. und anderer *Chrysithrichinae.* Ber. d. Deutsch. bot. Ges., 38. Jg. (1920), p. 6.

geräumt wird, lehrt das Studium der Gattung *Caustis*. Sie wurde von dem Begründer dieser Gattung R. Braun (1810) zu den Cyperaceen, später von Palla (1888) zu den Restionaceen gestellt, von anderen aber trotzdem bei den Cyperaceen belassen. Bei dieser schwankenden systematischen Stellung war daher eine erneute Untersuchung am Platze. Pfeiffer[1] hat sich ihr unterzogen und kommt auf Grund allseitiger Berücksichtigung morphologischer und anatomischer Merkmale und insbesondere weil *Caustis* typische Kegelzellen besitzt, zu dem Schlusse, daß die Einreihung dieser Gattung zu den Cyperaceen vollständig gerechtfertigt ist. In der Tat, wer das, man kann wohl sagen, gesetzmäßige Auftreten der Kegelzellen bei den verschiedensten Cyperaceen-Gattungen und nur bei dieser Reihe kennen gelernt hat, wird dem erwähnten Schlusse gerne zustimmen.

Die Kegelzellen, in der Asche so leicht, sicher und deutlich nachzuweisen, bilden, ebenso wie die Kieselkurzzellen für die Gramineen, gewissermaßen den anatomisch-chemischen Indikator für die Familie der Cyperaceen.

Neben diesen Deckepidermiszellen finden sich in der Cyperaceenasche große, gut erhaltene Kieselskelette der Oberhaut [*Cyperus longus*, *C. alternifolius*, *Heleocharis ovata* (Halmepidermis), *Scirpus palustris*, *Carex pilosa*, *C. maxima*, *C. silvatica*] mit Spaltöffnungen (*Cyperus longus*, *C. alternifolius*, *Scirpus palustris*, *Schoenus ferrugineus*), aber auch nicht selten solid verkieselte gewöhnliche Epidermis- und Mesophyllzellen, sowie einzelne oder ganze Bündel von häufig solid verkieselten Bastzellen (*Cyperus longus*, *Rhynchospora alba* und *Scirpus maritimus*).

Orchideae.

Viele Gattungen dieser Familie besitzen bekanntlich den Baststrängen anliegende, mit Kieselkörpern erfüllte, als Deckzellen oder Stegmata benannte Zellen. Sie sind nicht nur

---

[1] Pfeiffer H., Über die Stellung der Gattung *Caustis* R. Br. im natürlichen System. Ber. d. Deutsch. bot. Ges., 37. Jg. (1919), p. 415.

vielen Orchideen eigentümlich, sondern auch *Trichomanes*-Arten, vielen Palmen und den Scitamineen (exklusive Zingiberaceen). Von der Fläche gesehen haben sie Ellipsen- oder Kreisform, im Profil erscheinen sie bikonvex, kegel-, hütchen-, brotleibartig oder kugelig. Ihre Oberfläche ist glatt oder namentlich bei kugeligen warzig. Fig. 10 und 11.

Kohl hat eine große Zahl von Orchideen auf Stegmata im Gewebe untersucht und sie weit verbreitet gefunden. Er hat sie nur bei den Ophrydeen, Listereen, Arethuseen und Cypripedien vermißt.

Ich habe folgende zumeist einheimische Arten geprüft: *Anacamptis pyramidalis, Cypripedium calceolus, Cephalanthera ensifolia, C. rubra, C. pallens, Goodyera repens, Spiranthes autumnalis, Epipactis latifolia, E. rubiginosa, E. palustris, Listera ovata, Ophrys myodes, Chamorchis alpina, Herminium monorchys, Platanthera bifolia, Himantoglossum hircinum, Nigritella angustifolia, Gymnadenia albida, Orchis fusca, O. morio, O. ustulata, Sturmia Loeselii, Malaxis paludosa, Acampe papillosa, Cyrtochilum bictoniense, Oncidium microphyllum, Sarcanthus rostratus, Maxillaria variabilis* und *Coelogyne cristata.* Dabei stellte sich heraus, daß unter den von mir untersuchten einheimischen Gattungen nur die Gattung *Cephalanthera*[1] Stegmata besitzt.

Alle von mir untersuchten Orchideen enthalten Raphiden und diese geben zusammen mit den Kieselkörpern der Deckzellen, falls diese vorkommen, der Asche ein sehr charakteristisches Aussehen. Es empfiehlt sich die Asche, vor und nach Behandlung mit Salzsäure, zu betrachten. Vor Behandlung mit Salzsäure erblickt man die Deckplättchen bei *Cephalanthera ensifolia* in einfachen, doppelten oder mehrfachen Reihen parallel den Leitbündeln (Fig. 10), nach der Einwirkung der Salzsäure liegen die Kieselkörper zu hunderten im Tropfen (Fig. 11).

[1] Kohl, l. c., p. 277, behauptet, daß der Tribus der Arethuseen die Deckzellen vollständig fehlen. Diese Angabe beruht auf einem Irrtum, denn gerade bei der von dem genannten Autor angeführten Gattung *Cephalanthera* fand ich sie immer in großen Mengen, wie ja auch aus der Fig. 10 zu ersehen ist.

Marantaceae.

Die von mir untersuchten Arten dieser Familie: *Maranta sanguinea, M. spectabilis, M. metallica, M. kerkoviana* und *Calathea Sanderiana* waren sämtlich durch das massenhafte Vorkommen von Deckplättchen in ihrer Asche ausgezeichnet. Sie liegen entweder einzeln, zu zweien, mehreren oder in langen Ketten vor. Die Verkieselung kann sich auch auf die Epidermiszellen erstrecken, ja stellenweise können die Zellen ganzer Gewebestücke, besonders am Blattrande, solid verkieselt sein.

Die häufig zu den Marantaceen gestellte Gattung *Canna* gibt gleichfalls ein durch Stegmata hervorgerufenes Aschenbild zu erkennen. Die Kieselkörper sind rund, warzig oder abgerundet sternartig, ähnlich Kalkoxalatdrusen und hängen oft in langen Ketten zusammen.

Bei *Maranta sanguinea* finden sich in den meisten Mesophyllzellen auch Kalkoxalatkrystalle von Prismen-, Rauten- und anderer Form und in dem subepidermalen Parenchym von *M. kerkoviana* ganze Haufen prismenartiger Krystalle derselben chemischen Verbindung.

Musaceae.

Untersucht wurden *Heliconia Seemannii, Musa paradisiaca, M. Cavendishii, Strelitzia reginae* und *Ravenala madagascariensis.* Die Blattasche aller dieser Arten führt Raphidenbündel und massenhaft Deckplättchen von recht verschiedener Form. Bei *Strelitzia* sind sie kugelig und warzig, desgleichen bei *Ravenala,* hier sehr häufig auch sternartig wie Drusen von Kalkoxalat und bei *Musa paradisiaca* und *Heliconia Seemanni* erscheinen sie oft an der Basis gesägt, in der Mitte mit einer Reihe punktförmiger Höckerchen und an der Spitze mit einer konkaven Einsenkung versehen, also ähnlich gestaltet wie die Deckplättchen der *Marantacee, Calathea Seemannii,* die ich seinerzeit beschrieben habe.[1]

---

[1] Molisch H., Mikrochemie der Pflanze. Jena 1913, p. 74. Vgl. auch Kohl F. G., l. c., p. 284.

Die Fig. 12 zeigt im Aschenbilde die Ketten von Deckplättchen *d* und überdies verkieselte Schraubengefäße *s* von *Musa paradisiaca*.

Zingiberaceae.

Wie bereits Kohl[1] festgestellt hat, entbehrt diese Familie der Stegmata, nur bei zwei *Alpinia*-Arten konnte er noch sozusagen Reste dieser Gebilde konstatieren. Sie finden sich bei *Alpinia nutans* und *A. mutica*. Die Deckzellen sind hier dünnwandig, begleiten die Bastbündeln in langen Reihen und enthalten viele kleine, rundliche Kieselkörner.

Bei anderen *Alpinia*-Arten, ferner bei *Zingiber*, *Curcuma*, *Kaempferia*, *Amomum*, *Elettaria*, *Hedychium* und *Costus* konnte er keine Stegmata nachweisen.

Ich selbst habe die Blattasche von *Curcuma angustifolia*, *Zingiber officinalis* und *Alpinia nutans* geprüft und nur bei letzterer Deckplättchen mit runden Kieselkörpern gefunden, aber nicht bloß Reste, wie sie Kohl nennt und zeichnet, sondern je einen warzenartigen Kieselkörper in der parenchymatischen Deckzelle. Raphiden waren bei allen drei Gattungen vorhanden.

Es zeigt sich daher, abgesehen von *Alpinia*, in der ganzen Familie in dem Mangel von Stegmata eine ganz auffallende Einheitlichkeit gegenüber den nächst verwandten Familien innerhalb der Reihe der Scitamineen.

Palmae.

Eine kursorische Untersuchung der Palmen: *Chamaedorea oblongata*, *Ch. Martiana*, *Ch. Ernesti Augusti*, *Latania bourbonica*, *Livistona rotundifolia*, *Phoenix dactylifera*, *Daemonorops melanochaetes*, *Thrinax altissima*, *Martinezia caryotaefoliae*, *Caryota furfuracea*, *Archantophoenix Cunninghamii*, *Rapis flabelliformis*, *Phytelephas macrocarpa* und *Oncosperma filamentosa* ließ in Aschenpräparaten der Blattspreite deutlich die oft hochgradige Verkieselung erkennen. Stegmata fand ich immer, Raphiden in den meisten Fällen, Kalkoxalatdrusen selten, bei *Martinezia* jedoch massenhaft.

[1] Kohl F. G., l. c., p. 284.

Bemerkenswert ist der bedeutende Größenunterschied in den Kieselkörpern, die die Längs- und Queradern begleiten. Die ersteren sind klein und die letzteren auffallend groß. Beide sind warzig.

Die Verkieselung der Epidermiszellen kann z. B. bei *Caryota furfuracea*, *Pythelephas macrocarpa*, *Oncosperma filamentosa* u. a. so stark sein, daß die Oberhaut in großen Stücken samt den Spaltöffnungen erhalten bleibt. Da die Schließzellen oft nur schwach verkieselt sind, so fehlen sie in der Asche und an ihrer Stelle findet sich eine entsprechende Lücke. Doch können nicht selten gerade die Spaltöffnungsapparate sehr stark, ja sogar im Lumen, also solid verkieseln, und ebenso können einzelne Mesophyllzellen und Elemente des Stranggewebes zumal an den Blatträndern einer hochgradigen Verkieselung unterworfen sein.

Pandanaceae.

An der Asche der untersuchten Arten: *Pandanus utilis*, *P. graminifolius*, *P. javanicus* und *P. Veitchii* ließ sich feststellen, daß die Blätter der Pandaneen in chemischer Beziehung dadurch von den sonst nahestehenden Palmen abweichen, daß sie trotz ihrer Derbheit und Starrheit keinerlei besondere Verkieselung erkennen lassen und anstatt der Deckplättchen mit Kieselkörpern ähnliche Zellen jedoch mit einem Einzelkrystall von Kalkoxalat besitzen. Kohl[1] nennt sie trotzdem Stegmata, obwohl es sich meiner Meinung empfehlen würde, diesen Ausdruck bloß für die mit Kieselkörpern und im übrigen so charakteristisch gestalteten Zellen zu beschränken. Will man einen besonderen Terminus für die deckzellähnlichen, die Bastbündel gleichfalls begleitenden Kalkoxalatzellen haben, so könnte man sie als Stegmatoide bezeichnen, um ihre Verwandtschaft im Bau und in der topographischen Lagerung mit den Stegmata anzudeuten.

Neben diesen Stegmatoiden, die in langen geschlossenen Längsreihen die Bastbündel sowie die echten Stegmata begleiten, kommen auch größere Einzelkrystalle (meist monokline Rhomboëder und Zwillingskrystalle mit ein-

[1] Kohl F. G., l. c., p. 288.

springendem Winkel) und bei manchen Arten (*P. graminifolius* und *P. Veitchii*) im Mesophyll noch sehr zahlreiche kleine Drusen und Sphärite (von Kalkoxalat) vor.

Die erwähnten Krystalle, insbesondere die Reihen der Stegmatoide sind für die Pandaneen-Asche äußerst charakteristisch.

Innerhalb der *Spadiciflorae* gibt es keine Familie mehr mit Deckplättchen, weder bei den Sparganiaceen, Typhaceen, Araceen, Lemnaceen noch bei den den Palmen am nächsten stehenden Cyclanthaceen, von denen ich die Blattasche der beiden Gattungen *Carludovica palmata* und *Cyclanthus bifidus* untersucht habe.

Werfen wir nun einen Rückblick auf die mit Monokotylen gemachten Untersuchungen betreffend die Deckplättchen, so können wir sagen: da die Stegmata nur auf bestimmte Familien beschränkt sind; da diese kieselsäureführenden Zellen innerhalb dieser Familien zahlreiche oder sogar alle Gattungen auszeichnen und sich in der Asche durch ihre Chemie und Gestalt so leicht verraten, so geben sie selbst in der Asche noch ein ausgezeichnetes Merkmal für die Erleichterung der Bestimmung monokotyler Familien ab. Ferner liefern die Stegmata, weil sie nur bestimmten Familien angehören, hier aber sich auf viele oder alle Gattungen erstrecken, eine wichtige Stütze dafür ab, daß die Verwandtschaft zahlreicher Arten sich innerhalb ganzer Familien und ihrer Verwandten auch in der Abscheidung von Kieselsäure in eigenartig gestalteten Idioblasten verraten kann.

Charakteristische, durch hochgradige Verkieselung ausgezeichnete Aschen finden sich auch bei Dikotylen nicht selten vor, ich verweise da auch nur auf die Aschenbilder der *Rubiaceae-Galieae*,[1] der Asperifolien, vieler behaarter

---

[1] Netolitzky F., Verkieselungen bei den *Rubiaceae-Galieae*. Österr. bot. Zeitschr., 1911, p. 409.

Derselbe: Kieselmembranen der Dikotyledonenblätter Mitteleuropas. Ebenda, 1912, p. 353.

Cucurbitaceen und auf das besonders reizende Aschenbild von *Deutzia scabra.* Die in der Asche nach Behandlung mit Salzsäure reichlich vorhandenen sternartigen Haare könnten geradezu als Kunstmotive verwertet werden. Außerdem bemerkt man verkieselte Epidermis- und Mesophyllstücke. Fig. 14.

III. Über die Verwertung des Aschenbildes für die Erkennung von Drogen, Rohstoffen, Nahrungs- und Genußmitteln aus dem Pflanzenreiche.

Eine genaue Charakterisierung der genannten Objekte beruht unter anderem auf ihrer mikroskopischen Beschreibung. Daher hat man seit langem zum Zwecke der Erkennung die Anatomie des betreffenden Objektes genau geschildert und diese war auch in den meisten Fällen ausreichend zu einer sicheren Diagnose. Sie diente auch dazu, das Objekt von gewissen Ersatzstoffen oder Verfälschungen zu unterscheiden.

Diese Aufgabe ist häufig leicht, nicht selten schwer, mitunter sehr schwer, weil es an sicheren Merkmalen zuweilen mangelt. Auffallenderweise hat man sich bisher nicht daran erinnert, daß das Spodogramm nicht selten mit großem Vorteil herangezogen werden kann, um die Erkennung zu erleichtern. In Lehrbüchern über Pharmakognosien, Nahrungs- und Genußmitteln, desgleichen in den mikroskopischen Beschreibungen technischer Rohstoffe habe ich vergebens nach Aschenbildern gesucht. Da nun diese meiner Überzeugung nach für die Diagnose von großem Nutzen sein können, so sollen hier einige Beispiele herausgehoben werden, um das Gesagte näher zu begründen.

a) Drogen, aus unterirdischen Achsen bestehend.

Rhizoma Iridis. Der geschälte Wurzelstock von *Iris germanica*, *florentina* und *pallida* gibt verascht ein höchst eigenartiges Bild. Das Aschenbild zeigt die Asche fast ganz aus mächtigen, derben Spießen von Kalkoxalat *k* zusammengesetzt. Siehe p. 264 und Fig. 4.

Rhizoma rhei. Der geschälte Wurzelstock verschiedener *Rheum*-Arten *(Rh. raponticum, Rh. palmatum etc.)* gibt eine Asche, die abgesehen von wenig charakteristischen Teilen der

Hauptmasse nach aus großen Krystalldrusen und wenigen Einzelkrystallen von oxalsaurem Kalk besteht. Im Wasser präpariert gewährt die Asche im auffallenden Licht ein reizendes Bild: man glaubt bei schwacher Vergrößerung kleine Schneeballen mit sternartigem Umriß zu sehen, die zu hunderten im Gesichtsfelde ziemlich dicht gelagert sind.

Radix Belladonnae. Die Asche der Tollkirschenwurzel ist ausgezeichnet durch massenhaftes Vorkommen der Kalkoxalat-Krystallsandschläuche. Sie bilden die Hauptmasse der Asche. Fig. 15.

Urginea (Scilla) maritima. Die Zwiebelschuppen hinterlassen eine von zahllosen Raphidenbündeln ganz durchsetzte Asche. Die Bündel sind von verschiedener Größe; die einen sind verhältnismäßig kurz, die andern lang und die einzelnen Nadeln erreichen darin ganz außerordentliche Dimensionen. Man sieht die Raphidenbündel schon mit freiem Auge sowohl in der trockenen Zwiebelschuppe als auch in der Asche.

b) Blätter.

Cassia angustifolia, ein zu der Familie der Caesalpineen gehöriger Strauch, liefert die als Arzneimittel geschätzten Sennesblätter.

Ihre Asche läßt ein deutliches Kalkskelett des Mesophylls erkennen. Aus ihm hebt sich scharf das Nervennetz hervor, das mit Einzelkrystallen von Kalkoxalat wie übersät ist. Die ganze Nervatur gleicht mehrreihigen Zügen von Krystallen, wie dies so häufig bei *Leguminosen* zu beobachten ist. Im Mesophyll liegen gleichfalls Krystalle von Kalkoxalat, und zwar Drusen.

Erythroxylon coca. Blätter. Die Asche zeigt nichts besonders auffallendes; nur besonders längs der Blattnervatur liegen einzeln oder in kurzen Reihen Einzelkrystalle von Kalkoxalat, jedoch keine Drusen.

Barosma crenata. »*Folia Bucco*«. In der gut erhaltenen bräunlichen Blattasche sind die Ölräume noch gut zu erkennen. Zahlreiche Kalkoxalatdrusen erscheinen ziemlich

gleichmäßig im Mesophyll zerstreut, nur am äußersten Rande des Blattes fehlen sie fast ganz.

Ilex paraguayensis, Mate, auch Paraguaytee genannt, besteht bekanntlich aus den zerkleinerten Blättern eines südamerikanischen Strauches oder kleinen Baumes. Die Blätter geben ein charakteristisches Aschenbild.

Die obere Epidermis setzt sich, von der Fläche gesehen, aus polygonalen, über den Nerven reihenweise angeordneten Zellen mit derber, welliger, kutikularer Streifung zusammen. Von dieser oberen Epidermis, die hochgradig verkieselt ist, liegen viele mehr oder minder große Stücke *e* wohl erhalten in der Asche vor und können zur Sicherung der Diagnose auf Mate dienen. Fig. 16. Seltener bleibt die untere Epidermis mit den zahlreichen eine breite Ellipse bildenden und von Nebenzellen umgebenen Spaltöffnungen erhalten, etwas häufiger das groß lakunöse Schwammparenchym *s*, wenn es starke Verkieselung erfährt.

Nicht unerwähnt soll die Tatsache bleiben, daß die Blattasche in einzelnen Stücken sich grünblau färbt, vielleicht infolge des großen Mangangehaltes.

Cannabis sativa. Die Laubblätter sind mit zweierlei auffallenden, einzelligen Haaren bedeckt. Die Oberhaut der Blattoberseite führt verhältnismäßig kurze, stark bauchig angeschwollene Haare *h*, die der Unterseite längere, schmälere und an der Basis weniger erweiterte Haare h_1. Beide sind gegen die Blattspitze gerichtet und enthalten in dem basalen Teile einen die Zelle ziemlich ausfüllenden Zystolithen. Die kurzen Zystolithenhaare sind oft mit einem Wall von strahlig angeordneten Epidermiszellen umsäumt, die gleichfalls mit kohlensaurem Kalk ausgefüllt sein können. In der Asche scheint der Haarzystolith daher wie von radiaren Fortsätzen umgeben, h_2. Das Aschenbild des Hanfblattes ist sehr charakteristisch, weil die Asche sich großenteils aus den geschilderten, gestaltlich ausgezeichnet erhaltenen, verkieselten und verkalkten Zystolithenhaaren zusammensetzt. Fig. 18. Außerdem finden sich über den Gefäßbündeln noch vereinzelte Drusen von Kalkoxalat *k*.

c) Rinden.

Cinchona succirubra. Die Asche gleicht einem Sandhaufen von Kalkoxalat-Krystallsandzellen. Der Krystallsand zeigt, weil die einzelnen Kryställchen der Zelle aneinander haften, noch die ursprüngliche Form der Zelle: rund, abgerundet, viereckig, gestreckt oder kegelförmig.

Cinchona macrocalyx. Rinde. Die Asche verhält sich ähnlich.

Cinchona lucumaefolia. Rinde. Wie vorhin.

Cinnamomum zeylanicum. Zeylonzimmt- oder Kanehlrinde. Die Asche erscheint bei schwacher Vergrößerung in Phenol dicht graupunktiert, in der intakten Asche liegen die Punkte stellenweise noch in dichten Reihen. Diese entsprechen dicht gelagerten Zügen von Parenchymzellen, gefüllt mit Kalkoxalatnadelbündeln. Diese im intakten Gewebe ganz zurücktretenden Elemente setzen einen großen Teil der Asche zusammen und bilden hier das Leitfragment.

Cinnamomum Cassia. Das Aschenbild der Zimtkassienrinde ist wesentlich verschieden von der vorhergehenden Rinde, denn die Kalkoxalatkrystalle sehen zumeist ganz anders aus als die vom Zeylonzimt. Bei diesem sind sie nadelförmig, bei jenem aber monokline Rhomboeder, prismenartig oder quadratisch. Ihr Größenunterschied ist auffallend.

Punica granatum; Rinde. Die Asche besteht großenteils aus kleinen Drusen von Kalkoxalat. Zahlreiche Reihen von solchen Krystallen sind in der unversehrten, nicht gequetschten Asche miteinander zu größeren Stücken verbunden. Diese Reihen verleihen der Asche ein streifiges Aussehen. Fig. 17.

Die Beispiele ließen sich leicht vermehren, man könnte damit leicht ein Buch füllen und einen Atlas dazu. Vielleicht wird dies später jemand, nachdem auf die Wichtigkeit der Sache ausdrücklichst hingewiesen wurde, unternehmen. Ein Atlas über Aschenbilder von technich verwerteten Rohstoffen, Nahrungs- und Genußmitteln aus dem Pflanzenreiche würde jedenfalls die heute geübte einschlägige Methodik wesentlich ergänzen und verfeinern.

IV. Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit zeigt, daß für die Beschreibung und Erkennung eines Pflanzenobjektes nicht bloß die Anatomie des Gewebes, sondern auch die Morphologie seiner Asche herangezogen werden kann, da das Aschenbild entweder durch sein Zellenskelett oder durch bestimmte Inhaltskörper oder Leitfragmente und ihre bestimmte Anordnung für jede einzelne Pflanzenart sehr charakteristisch ist.

Dadurch, daß die Zellwände hochgradig verkieseln oder verkalken oder sowohl verkieseln als auch verkalken, bleiben die Gewebe nach ihrer Veraschung in ihrer zellulären Struktur scheinbar so gut erhalten, daß man glaubt, das noch intakte Gewebe vor sich zu haben. Dazu kommen dann häufig noch Haare und verschiedene in der Asche noch wohl erkennbare Inhaltskörper, z. B. mannigfach geformte Krystalle, Zystolithen, Kieselkörper und zwar oft in so charakteristischer Anordnung, daß man in dem so zustande gekommenen Aschenbild oder Spodogramm einzelne Familien, Gattungen oder Arten erkennen kann.

Man könnte vielleicht einwenden: Wozu benötige ich die Asche, wenn mir das Gewebe zur Verfügung steht? Das Gewebe zeigt doch mehr als die Asche. Gewiß bietet das Gewebe Einzelheiten, z. B. im Zellinhalt, die bei der Veraschung zerstört werden und die daher in der Asche nicht mehr gesehen werden können, aber anderseits bietet die durch einfaches Verbrennen rasch gewonnene Asche oft in größerer Klarheit und in besserer Übersicht gewisse besondere morphologische Verhältnisse.

Wer einen raschen Überblick über die Verteilung der Zystolithen bei den Acanthaceen und Urticaceen haben will, wird ihn leicht und ausgezeichnet an der Hand von Aschenpräparaten gewinnen. Die Gramineen sind durchwegs durch das Vorhandensein der solid verkieselten Kieselkurzzellen, die Cyperaceen stets durch die eigenartig geformten, verkieselten Kegelzellen und viele Orchideen, die Marantaceen, Musaceen und Palmen durch die als Deckplättchen oder Stegmata bekannten Zellen mit bestimmt geformten Kiesel-

körpern, manche Familien durch Raphidenbündel oder Krystallsand ausgezeichnet. Ja sogar große und auffallend gestaltete Einzelkrystalle von Kalkoxalat können für Vertreter einer ganzen Familie bezeichnend sein wie die mächtigen Kalkoxalatspieße der Irideen.

Alle diese Leitfragmente treten aber in der Asche mit viel größerer Deutlichkeit und Übersichtlichkeit hervor als im Gewebe, zumal sie bei der Veraschung auf ein kleineres Volum zusammenrücken und so leichter sichtbar werden. Die Zystolithen, Kieselkurzzellen und Kegelzellen stellen einen Familiencharakter dar, der sich in der Asche in besonders prägnanter Weise zu erkennen gibt.

Wenn man die modernen Bücher über Pharmakognosie, Drogen, Nahrungs- und Genußmittel und andere Rohstoffe des Pflanzenreichs durchblättert, so ist hier vom Aschenbild kaum die Rede und doch würde das Spodogramm die Beschreibung des zugehörigen Objektes in vielen Fällen wesentlich ergänzen, und durch die Herbeiziehung des Aschenbildes in vielen Fällen die Erkennung des Objektes sowie die Feststellung seiner Echt- oder Unechtheit sicherlich erleichtern. Ja bei der Diagnostizierung prähistorischer Pflanzenaschen würde die mikroskopische Untersuchung der Asche überhaupt die wichtigsten wenn nicht sogar die einzigen Erkennungsmittel bieten.

Mit anderen Worten: Wie die Form und die Stellung des Blattes, der Bau der Blüte, die Zahl der Staubgefäße und die Form der Samenanlage für diese oder jene Pflanzenfamilie oder Gattung charakteristisch ist, so kann in zahlreichen Fällen auch die Morphologie der Asche oder das Spodogramm einen Hinweis abgeben für die systematische Stellung der die Asche liefernden Pflanze. Dies sollte in Zukunft mehr beachtet werden als dies bisher geschehen ist.

Erklärung der Tafeln.

Taf. I.

Fig. 1. *Strobilanthes isophyllus.* Aschenbild.[1] Die Asche besteht großenteils aus maiskolbenähnlichen Zystolithen *c*. Die meisten liegen quer zur Längsachse des Blattes, die oberhalb der Blattnerven befindlichen liegen parallel dem Nerven und sind schmäler. Vergr. 60.

Fig. 2. *Boehmeria utilis.* Aschenbild nach Behandlung mit Salzsäure h, h_1 und h_2 Kieselhaare, *c* Zystolithen. Vergr. 60.

Fig. 3. *Ampelopsis quinquefolia.* Aschenbild mit zahlreichen Raphidenbündeln *r* und Kalkoxalatdrusen *k*. Die übrigen Bestandteile der Asche, die zu wenig mineralisiert und daher zu wenig prägnant sind, wurden wie auch in den folgenden Abbildungen weggelassen. Vergr. 60.

Fig. 4. *Iris germanica.* Aschenbild. Die Asche besteht der Hauptmasse nach aus langgestreckten, prismatischen Kalkoxalatkrystallen, die parallel zur Längsachse des Blattes gelagert sind.

Fig. 5. *Opuntia missouriensis.* Aschenbild der Sproßoberfläche. Massenhaftes Vorkommen von Kalkoxalatdrusen *k* und dazwischen Lücken *s*, die die ursprüngliche Lage der Spaltöffnungen andeuten. Vergr. 160.

Fig. 6. *Pteris aquilina.* Aschenbild der verkieselten Epidermis nach Behandlung mit Salzsäure. Vergr. 180.

Taf. II.

Fig. 7. *Equisetum pratense.* Aschenbild der verkieselten Stengeloberhaut nach Behandlung mit Salzsäure. *e* Epidermiszellen mit welligem Umriß und kutikularen Höckerchen *h*, e_1 Epidermiszellen an einer vorspringenden Stengelrippe. *s* Spaltöffnung. Vergr. 280.

Fig. 8. *Bambusa,* sp. Aschenbild nach Behandlung der verkieselten Epidermis mit Salzsäure. Man glaubt ein intaktes Gewebe zu sehen. *s* Spaltöffnungen, *e* wellig konturierte Epidermiszellen, von denen manche *se* mit Kieselsäure vollends erfüllt sind, und *k* die Kieselkurzzellen. Vergr. 285.

Fig. 9. *Carex silvatica.* Aschenbild nach Behandlung mit Salzsäure. *e* Epidermiszellen, *s* Spaltöffnungen, *k* Kegelzellen in der Seitenansicht, k_1 Kegelzellen in der Aufsicht. Vergr. 285.

---

[1] Wo nichts anderes bemerkt wird, bezieht sich das Aschenbild stets auf die Blattasche. Vergr. 60.

Fig. 10. *Cephalanthera ensifolia*. Aschenbild. 3 Reihen von Stegmata *d*, außerdem Raphidenbündel *r*. Vergr. 160.

Fig. 11. *Cephalanthera ensifolia*. Aschenbild, nach Behandlung mit Salzsäure. *d* Deckplättchen in der Aufsicht, *d'* Deckplättchen in der Seitenansicht.

Fig. 12. *Musa paradisiaca*. Aschenbild, nach Behandlung mit Salzsäure. *d* Ketten von Deckplättchen, *s* Schraubengefäße. Vergr. 285.

Taf. III.

Fig. 13. *Pandanus graminifolius*. Aschenbild. *s* Reihen von Kalkoxalatkrystallen der Stegmatoide in Längsreihen. *k'* größere Kalkoxalatkrystalle zwischen den Längsreihen, *r* Raphidenbündel, *k''* kleine Drusen und Sphärite. Vergr. 460.

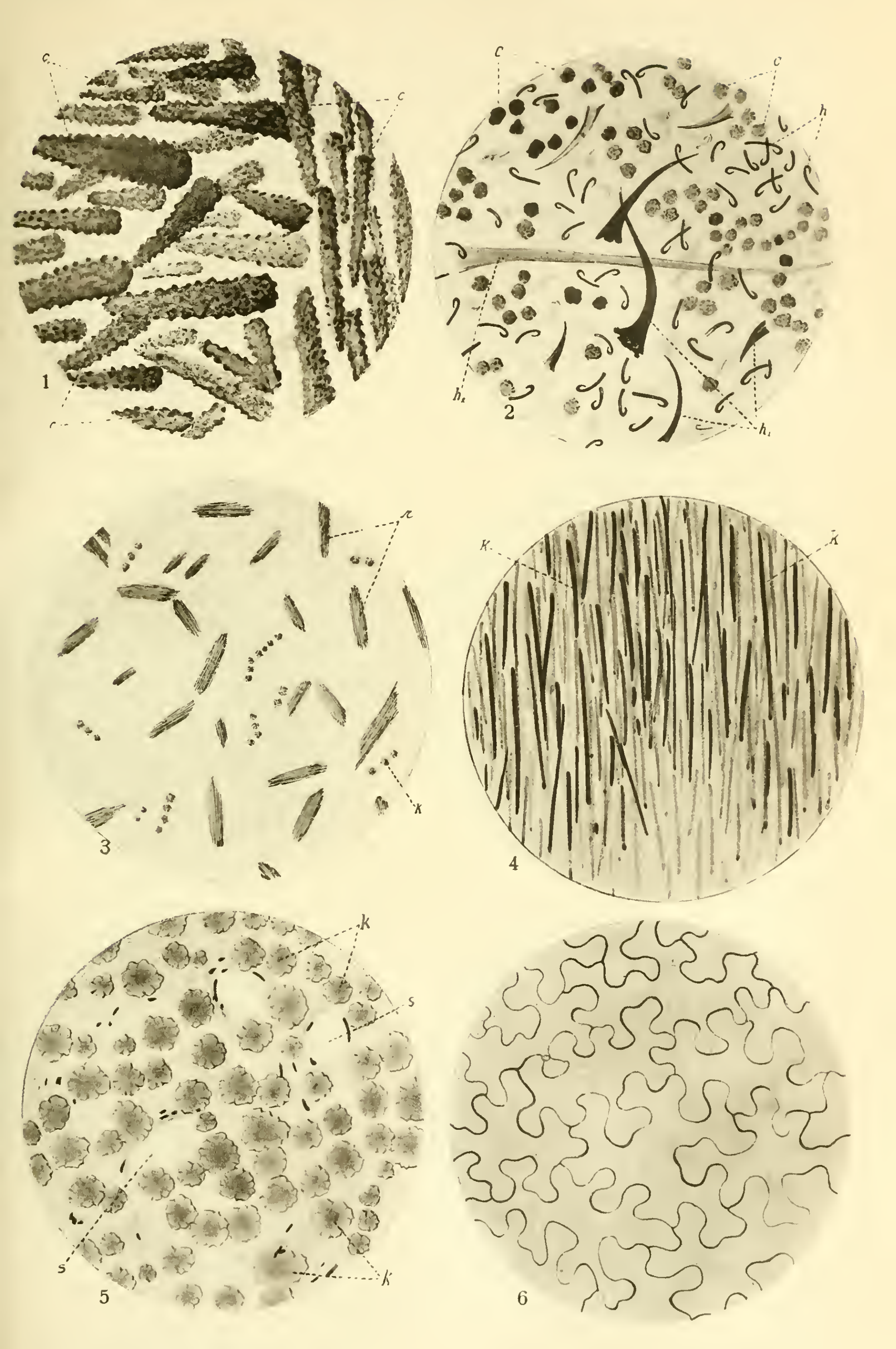
Fig. 14. *Deutzia scabra*. Blatt-Aschenbild, nach Behandlung mit Salzsäure. *h* verschiedene, sternartige, verkieselte Haare. *e* Epidermisstück, *m* hochgradig verkieselte Mesophyllstücke. Vergr. 40.

Fig. 15. *Atropa belladonna*. Das Aschenbild der Wurzel zeigt massenhaft Kalkoxalat-Krystallsandzellen *ks*. Vergr. 60.

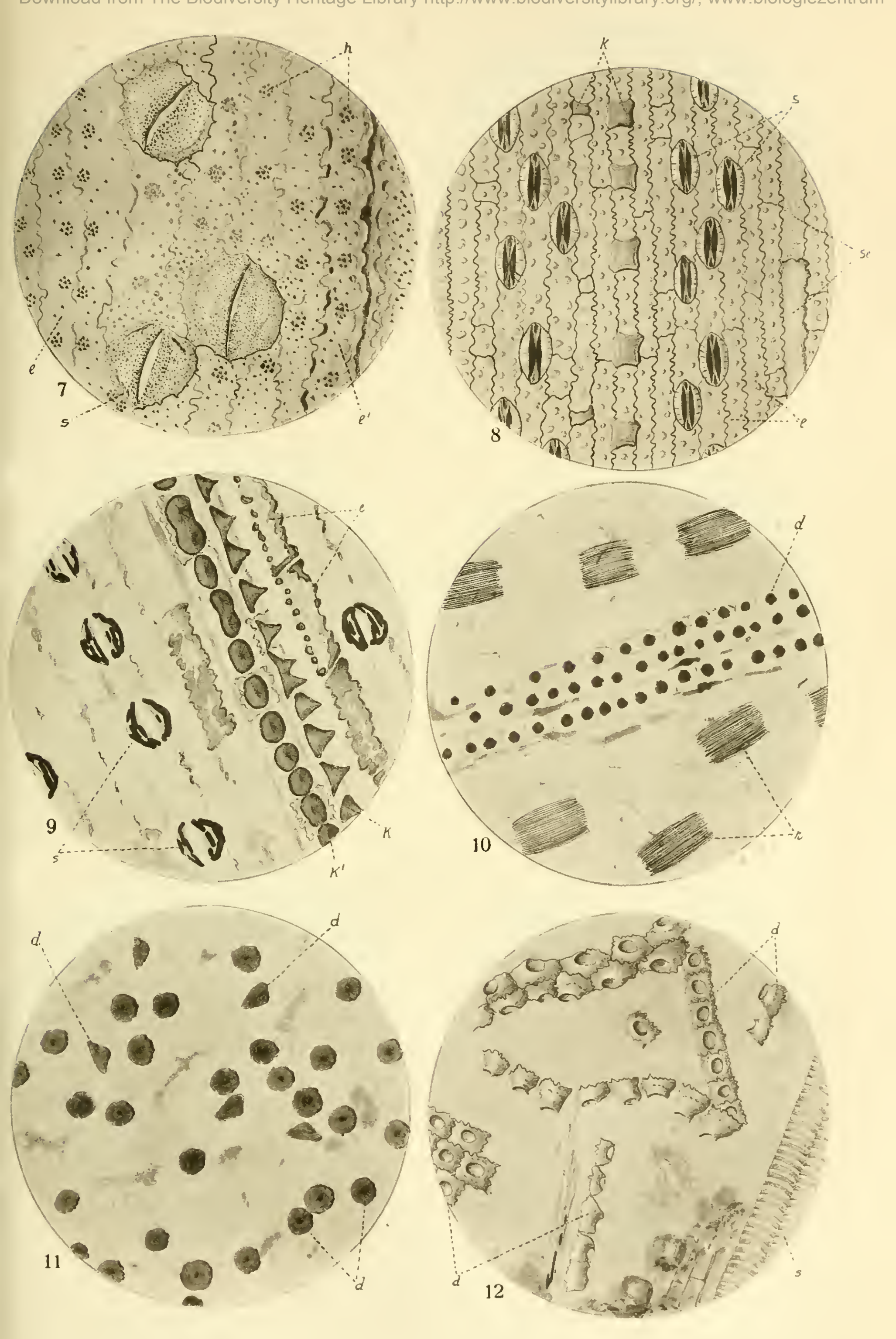
Fig. 16. *Ilex paraguayensis*. Blatt-Aschenbild, nach Behandlung mit Salzsäure. *e* verkieseltes Epidermisstück der Oberseite, *s* verkieseltes Schwammparenchym. Vergr. 285.

Fig. 17. *Punica granatum*. Rinden-Aschenbild. Zahllose Drusen von Kalkoxalat stehen in Reihen und verleihen der Asche ein streifiges Aussehen. Vergr. 460.

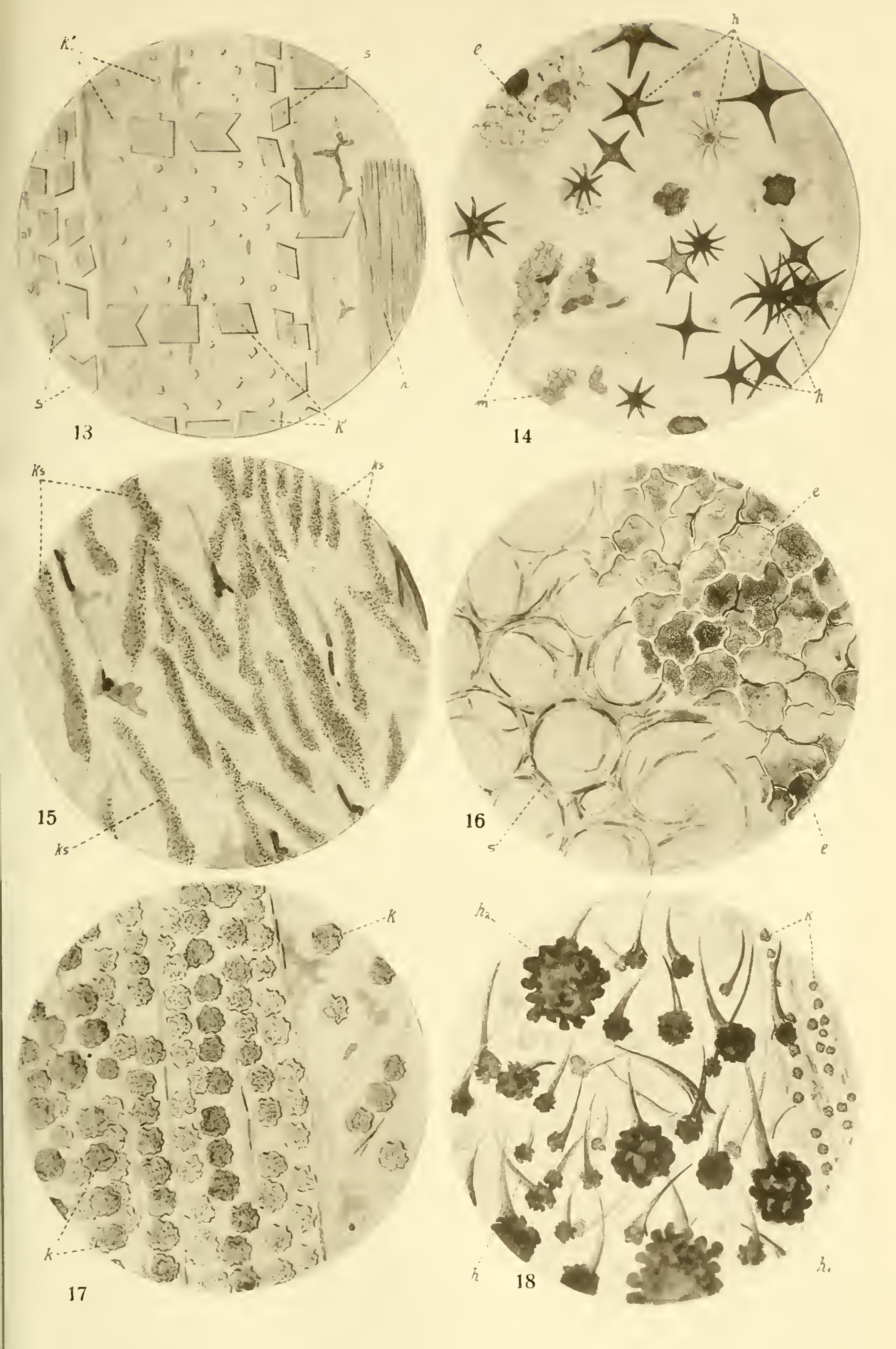
Fig. 18. *Cannabis sativa*. Blattasche in Canadabalsam. *h* schmale Zystolithenhaare, h_1 breite Zystolithenhaare, h_2 dieselben Haare aber umgeben von den Kalkausfüllungen der benachbarten Epidermiszellen. *k* Kalkoxalatdrusen über dem Gefäßbündel. Vergr. 60.



Kisser I. et. Molisch H. fec.



Kisser I. et Molisch H. fec.



Kisser J. et Molisch H. fec.